

**System for determining torque acting on rotatable shaft with transmitter including 2 transmitter wheels which have differentiable angle markings  
esp. magnetic differentiable angle markings**

Patent Number: DE19816831  
Publication date: 1999-10-21  
Inventor(s): JOST FRANZ (DE); MARX KLAUS (DE)  
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
Requested Patent: ☐ DE19816831  
Application Number: DE19981016831 19980416  
Priority Number(s): DE19981016831 19980416  
IPC Classification: G01L3/10; G01D5/22  
EC Classification: G01L3/10A  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

The differentiable angle markings move relatively to each other under the influence of a torsion caused by the torque. A sensor is influenced by the angle markings of the two transmitter wheels. The sensor is a differential sensor and includes at least two sensor elements. Which are so assigned to the angle markings. That without torque on both sensor elements, the same field or the same field modulation acts, and with acting torques, differentiable fields or field modulations act on the individual sensor elements.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**BEST AVAILABLE COPY**

⑪ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 16 831 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 L 3/10**  
G 01 D 5/22

⑲ Aktenzeichen: 198 16 831.4  
⑳ Anmeldetag: 16. 4. 98  
㉑ Offenlegungstag: 21. 10. 99

DE 198 16 831 A 1

⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Marx, Klaus, Dr., 70563 Stuttgart, DE; Jost, Franz,  
Dr., 70565 Stuttgart, DE

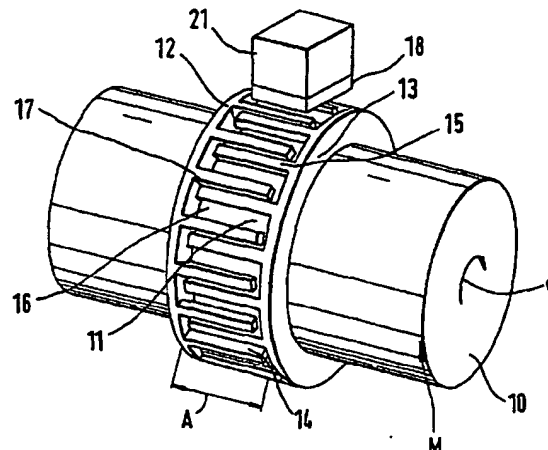
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 1 96 33 380 A1  
US 54 50 761 A  
US 47 84 002  
US 46 02 515  
US 43 56 732  
US 24 59 171  
US 23 65 565

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur Drehmomentenerfassung

⑤⑦ Es wird eine Vorrichtung zur Erfassung des auf eine drehbare Welle wirkenden Drehmoments angegeben, bei der zwei Geberräder mit einer Anzahl von Winkelmarken in vorgebbarem Abstand voneinander auf der Welle befestigt werden und so ausgestaltet sind, daß die Winkelmarken mit Hilfe eines einzigen Sensors abgetastet werden können. Dieser Sensor ist ein Differenzsensor mit zwei Sensorelementen. Der gesamte Zusammenbau von Geberrädern und Sensor erfolgt so, daß in unbelastetem Zustand beide Sensorelemente dasselbe Feld registrieren und bei herrschendem Drehmoment eine Verschiebung der Geberräder gegeneinander verursacht wird, wodurch dann auch die auf die Sensorelemente wirkenden Felder unterschiedlich sind.



DE 198 16 831 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Drehmomenterfassung, insbesondere zur Erfassung des auf eine Welle wirkenden Drehmoments nach der Gattung des Hauptanspruchs.

## Stand der Technik

Für eine Vielzahl von Anwendungen ist es erforderlich, das auf eine antreibbare Welle ausgeübte Drehmoment zu erfassen, wobei es auch erforderlich sein kann, diese Drehmomenterfassung während des Rotierens der Welle durchzuführen. Eine Vorrichtung, mit der eine solche Drehmomenterfassung möglich ist, ist beispielsweise aus der DE-OS 196 33 380 bekannt.

Bei dieser bekannten Vorrichtung zur Drehmomenterfassung ist ein erstes Rotationselement mit einer Eingangswelle verbunden und ein zweites Rotationselement mit einer Ausgangswelle. Die Verbindung zwischen beiden Wellen wird über ein elastisches Element hergestellt, das sich gemäß einem darauf wirkenden Drehmoment verformt. Durch diese Verformung werden die beiden Rotationselemente gegeneinander verdreht. Infolge ihrer engen räumlichen Zuordnung können beide Rotationselemente mit Hilfe eines einzigen Sensors abgetastet werden, der ein Ausgangssignal liefert, das die Oberflächenstruktur der beiden Rotationselemente widerspiegelt. Durch Auswertung von zeitlichen Verschiebungen im Signal des Sensors wird in einer nachfolgenden Auswerteinrichtung das Drehmoment, das auf das elastische Element zwischen den beiden Wellen wirkt, berechnet. Das elastische Element kann aus demselben Material sein wie die Welle, es könnte auch ein Teil einer Welle zwischen zwei Rotationselementen sein.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Drehmomenterfassung hat den Vorteil, daß das auf eine Welle wirkende Drehmoment mit Hilfe eines einzigen Sensors berührungslos ermittelt werden kann, wobei in besonders vorteilhafter Weise keine aufwendige Auswerteschaltung benötigt wird.

Erzielt werden diese Vorteile, indem bei einer Vorrichtung zur Drehmomenterfassung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 ein magnetischer Differenzsensor eingesetzt wird, der wenigstens zwei Sensorelemente umfaßt, die von den magnetisch unterscheidbaren Markierungen unterschiedlich beeinflusst werden. Das Ausgangssignal dieser beiden Sensorelemente wird im Sensor selbst zu einem Differenzsignal aufbereitet, das von dem wirkenden Drehmoment abhängig ist. Die Anordnung der magnetisch unterscheidbaren Markierungen und die Anordnung der beiden Sensorelemente werden dabei so aufeinander abgestimmt, daß im untordierten Zustand, also ohne wirkendes Drehmoment beide Einzelelemente identische Magnetfelder bzw. Feldmodulationen detektieren und somit gleiche Ausgangssignale liefern, so daß der Sensor insgesamt kein Differenzsignal abgibt.

Weitere Vorteile der Erfindung werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen erzielt. Es ist dabei besonders vorteilhaft, daß eine sehr einfache Signalaufbereitung eingesetzt werden kann, wobei die dem Sensor nachgeordnete elektronische Auswerteschaltung lediglich eine Gleichrichtung des Sensorsignales und eine Tiefpaßfilterung durchführen muß, damit sich eine analoge Ausgangsspannung einstellt, die proportional zum Verdrehwinkel und damit zum herrschenden Drehmoment ist. Diese analoge Ausgangsspannung ist in vorteilhafter Weise nahezu linear.

Als Rotationskörper können in vorteilhafter Weise Geberräder mit kammförmigen Markierungen eingesetzt werden, die ineinander greifen und so ausgestaltet sind, daß im drehmomentfreien Zustand abwechselungsweise Winkelmarken und Lücken mit gleichen Längen entstehen. Als Sensor lassen sich in vorteilhafter Weise gängige magnetische Differenzsensoren einsetzen, beispielsweise AMR-Sensoren (AMR = Anisotropic Magneto Resistive), GMR-Sensoren (GMR = Giant Magneto Resistive), CMR (Colossal magnetoresistance sensoren) oder Feldplattensensoren oder Hall-Sensoren.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Fig. 1 eine Gesamtansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Drehmomenterfassung. Fig. 2 zeigt ein Beispiel für einen Differenzsensor, beispielsweise einen Hall-Sensor. In Fig. 2 ist der sich einstellende Feldunterschied am Hallsensor über dem Drehweg aufgetragen und Fig. 4 zeigt den mittleren Feldunterschied am Hall-Sensor über dem Verdrehwinkel  $\alpha$ .

## Beschreibung

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, mit dem das auf eine Welle 10 wirkende Drehmoment M bestimmt werden soll. Die Welle 10 weist eine Torsionsstrecke, insbesondere Verjüngung 11 auf. Auf der Torsionsstrecke bzw. an geeigneten Stellen der Welle 10 sind zwei Geberräder 12, 13 im Abstand zueinander befestigt, die jeweils Winkelmarken 14, 15 aufweisen, wobei die beiden Räder 12, 13 einschließlich ihrer Winkelmarken 14, 15 kammartig ineinandergreifen. Die Abstände zwischen den Winkelmarken sind mit 16 und 17 bezeichnet.

Der Zusammenbau der Räder 12, 13 mit der Welle 11 bzw. der Torsionsstrecke 12 erfolgt so, daß ohne wirksames Drehmoment M die Winkelmarken der beiden Geberräder 12, 13 äquidistant über dem Umfang angeordnet sind, es sind also die Abstände 16, 17 alle identisch. Wirkt dagegen auf die Welle ein Drehmoment M ergibt sich eine Torsion und die Räder 12, 13 verschieben sich gegeneinander, so daß sich auch die Winkelmarken entsprechend verschieben und sich eine Lage einstellt, wie sie in Fig. 1 aufgezeigt wird. Die Abstände 16, 17 der Winkelmarken sind dabei unterschiedlich, wobei wiederum jeweils die Abstände 16 und die Abstände 17 gleich sind.

Die Räder 12, 13, bzw. die Winkelmarken 14, 15 der entsprechenden Räder werden mit Hilfe eines Sensors, beispielsweise eines magnetischen Differenz-Sensors 18 abgetastet. Der Sensor 18 ist feststehend und umfaßt zwei Sensorelemente 19, 20, die in Fig. 2 erkennbar sind, sowie einen Permanentmagneten 21, auf den die Winkelmarken als Feldmodulatoren wirken. Die bei einer Drehung der Welle am Sensor vorbeilaufenden Winkelmarken bzw. Lücken führen demzufolge im Differenz-Sensor 18 zu einer Magnetfeldmodulation, die vom Differenz-Sensor 18 detektiert wird.

Durch geeignete Abstimmung der Sensorelemente auf den Abstand von benachbarten Winkelmarken 14, 15 läßt sich ein Aufbau erzielen, der eine besonders einfache Signalauswertung ermöglicht. Der Aufbau des Differenz-Sensors 18 und die Zuordnung zu den einzelnen Winkelmarken 14, 15 läßt sich der Fig. 2 entnehmen.

In Fig. 2 ist der Aufbau des Sensors 18 schematisch dargestellt. Die beiden Sensorelemente 19 und 20, beispielsweise Hallelemente werden von einem Strom I durchflossen. Die Hallelemente umfassen beispielsweise eine Brück-

kenschaltung, an deren Diagonalen sich eine Meßspannung U1 bzw. U2 einstellt, die abhängig vom herrschenden Magnetfeld ist. Die Spannungen U1 und U2 werden in einer Auswerteschaltung 22, die Bestandteil des Sensors 18 ist, weiterverarbeitet und beispielsweise gleichgerichtet und tiefpaßgefiltert. Dazu sind in der Auswerteschaltung 22 die entsprechenden Bauelemente, Gleichrichter 23 und Tiefpaßfilter 24 vorhanden. Die Auswerteschaltung 22 liefert aus den so aufbereiteten Einzelspannungen U1 und U2 der Sensorelemente 19 und 20 eine analoge Ausgangsspannung U, die bei den in Fig. 1 bzw. Fig. 2 herrschenden Bedingungen im wesentlichen proportional zum Verdrehwinkel  $\alpha$  ist.  $\alpha$  ist der Winkel, um den sich die beiden Räder 12 und 13 infolge des wirkenden Drehmoments M gegeneinander verdrehen.

Fig. 3 zeigt das Differenzfeld (Magnetfeld)  $\Delta H$  zwischen den beiden Einzelsensoren 19, 20 des Differenz-Sensors 18 in Abhängigkeit vom Drehwinkel  $\alpha$ , wobei in der Zeichnung der Drehwinkel  $\alpha$  als Drehweg d dargestellt ist. Dieser Feldverlauf wurde erhalten für eine Anordnung, mit gleichmäßigen Winkelmarken von 1,25 mm Breite und variablen Lücken. Die Amplitude des Signales des Differenzsensors ist abhängig von diesem Differenzfeld und damit ein Maß für die Verdrehung der Räder 3 und 4 und somit auch für das wirkende Drehmoment. Die einzelnen Kurven wurden für verschiedene Lückengrößen aufgenommen. Die Abfolge Lücke, Winkelmarke, Lücke, Winkelmarke ist für sieben verschiedene Lücken dargestellt.

In Fig. 4 ist die Ausgangsspannung U des Sensors nach der Aufbereitung also nach Gleichrichtung und Tiefpaßfilterung über dem Verdrehwinkel aufgetragen. Es ist zu erkennen, daß der Zusammenhang zwischen dem mittleren Feldunterschied am Sensor (Hallsensor) und dem Verdrehwinkel  $\alpha$  nahezu linear ist. Somit ergibt sich auch ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung U und dem herrschenden Drehmoment M.

Damit sich die gewünschte drehmomentabhängige Ausgangsspannung U ergibt, ist es erforderlich, daß die Zuordnung der Sensorelemente 19, 20 zu den Winkelmarken 14, 15 in eindeutiger Weise erfolgt. Dazu wird die Zuordnung der Sensorelemente 19, 20 so vorgenommen, daß im untordierten Zustand, also ohne herrschendes Drehmoment beide Sensorelemente 19, 20 identische Felder bzw. Feldmodulationen messen, so daß sich kein Differenzsignal ergibt und die Ausgangsspannung U = 0 ist. Dies wird beispielsweise erreicht, indem im untordierten Zustand jedem der Sensorelemente 19, 20 eine Winkelmarke 14a, 15 gegenüberliegt. In dem Fall, in dem auf die Welle ein Drehmoment ausgeübt wird, tordiert die Welle 10 und die Räder 12, 13 verdrehen sich gegeneinander, außerdem rotiert die Welle dann. Dadurch verschieben sich auch die Winkelmarken 14, 15 gegenüber den Winkelmarken 16a, 16b. Dadurch stellen sich an den beiden Sensorelementen 19 und 20 unterschiedliche Magnetfelder ein aus der Feldmodulation ergibt sich eine Differenzspannung U als Maß für das zu ermittelnde Drehmoment.

Wird zusätzlich noch die Ausgangsspannung eines der beiden Sensorelemente, beispielsweise die Ausgangsspannung U1 ausgewertet, läßt sich mit bekannten Verfahren die Drehzahl der Welle bestimmen. Beispielsweise wird dazu die Spannung U1 in ein Rechtecksignal gewandelt und der zeitabhängige Abstand vorgegebbarer Rechtecksignalfanken liefert eine drehzahlabhängige Größe, aus der die Drehzahl berechnet wird.

Die Erfindung wurde für magnetische Differenzsensoren beschrieben, sie kann grundsätzlich auch auf andere Differenzsensoren erweitert werden, wobei jeweils wesentlich ist, daß zwei Sensorelemente vorhanden sind, die in einem Ab-

stand angeordnet sind, der auf die mit den rotierenden Körpern bzw. Rädern 12, 13 in Verbindung stehenden Winkelmarken abgestimmt ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann sowohl für Brennkraftmaschinen eingesetzt werden, bei denen die Kenntnis des auf eine Welle, beispielsweise die Kurbel- oder Nockenwelle ausgeübten Drehmoment für die Regelung vorteilhaft ist, sie kann aber auch in Verbindung mit einer Getriebesteuerung eingesetzt werden, wobei für die Getriebesteuerung ebenfalls das herrschende Drehmoment bekannt sein sollte. Weiterhin kann die Erfindung im Zusammenhang mit der Regelung von Elektromotoren eingesetzt werden, da auch bei einer solchen Regelung die Kenntnis des an der drehenden Antriebswelle herrschenden Drehmoments wünschenswert bzw. notwendig ist.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung des auf eine drehbare Welle wirkenden Drehmoments, mit einem Geber, der zwei mit der Welle in vorgebbarem Abstand verbindbare Geberräder umfaßt, die unterscheidbare Winkelmarken, insbesondere magnetisch unterscheidbare Winkelmarken aufweisen und sich unter Einfluß einer vom Drehmoment verursachten Torsion der Welle relativ zueinander verschieben, wobei die Anordnung der beiden Teile so ist, daß ein Sensor durch die Winkelmarken beider Räder beeinflusst wird und ein entsprechendes Ausgangssignal liefert, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein Differenzsensor ist und wenigstens zwei Sensorelemente umfaßt, die den Winkelmarken so zugeordnet sind, daß ohne Drehmoment auf beide Sensorelemente dasselbe Feld bzw. dieselbe Feldmodulation wirkt und bei wirkendem Drehmoment unterschiedliche Felder bzw. Feldmodulationen auf die einzelnen Sensorelemente einwirken.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geberräder (12, 13) kammförmig aufgebaut sind und Winkelmarken aufweisen, die ineinander greifen, wobei der Abstand zwischen den Winkelmarken der einzelnen Geberräder ohne Drehmoment äquidistant sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (18) zwei Sensorelemente (19, 20) umfaßt, die jeweils auf Magnetfeldänderungen reagieren und die Winkelmarken aus einem Material sind, das ein Magnetfeld beeinflusst.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (18) einen Magneten (21) umfaßt.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein AMR-, Feldplatten-, GMR- oder Hallsensor mit entsprechenden Einzelementen ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsspannungen (U1, U2) der Sensorelemente (19, 20) in einer Auswerteschaltung (22), die dem Sensor zugeordnet ist, aufbereitet werden, wobei wenigstens eine Gleichrichtung und/oder eine Tiefpaß-Filterung erfolgt, so daß die Ausgangsspannung (U) des Sensors (18) als analog Ausgangsspannung abgegeben wird, die proportional zum Verdrehwinkel und damit zum Drehmoment ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich wenigstens eine der Sensorelementspannungen (U1) oder (U2) zu einer Rechteckspannung aufbereitet werden

und aus den zeitlichen Abständen vorgegebener Flanken dieser Rechteckspannung die Drehzahl der Welle ermittelt wird.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Geberräder (12, 13) an einer Torsionsstrecke, also an einem verjüngten Teil der Welle eingesetzt werden.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle (10) die Kurbel- oder die Nockenwelle einer Brennkraftmaschine ist oder eine von einem Elektromotor antreibbare Welle oder eine bei einer Getriebesteuerung vorhandene Welle ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

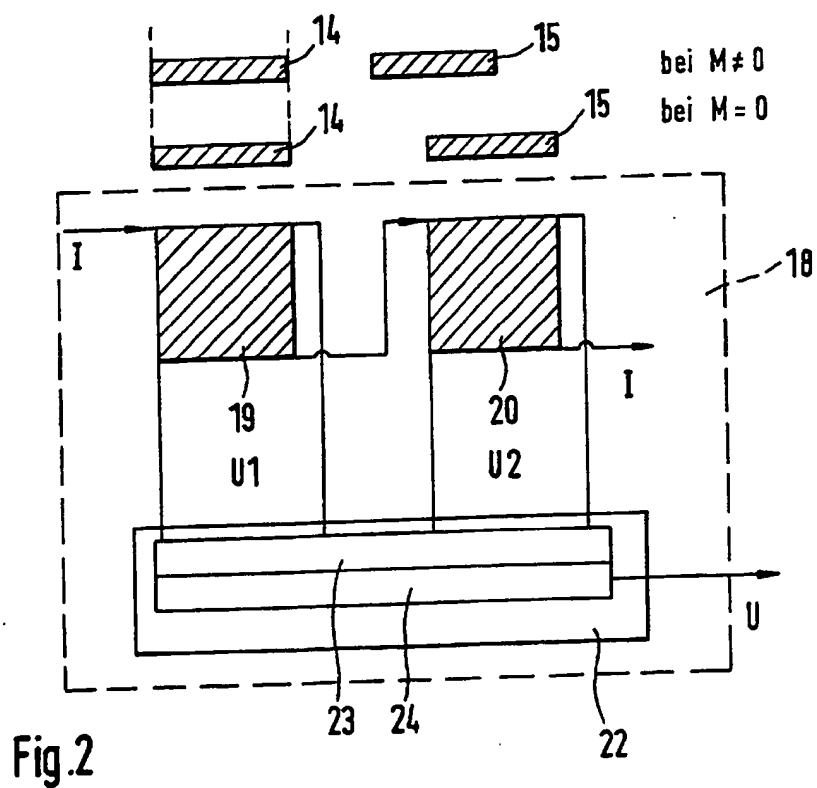
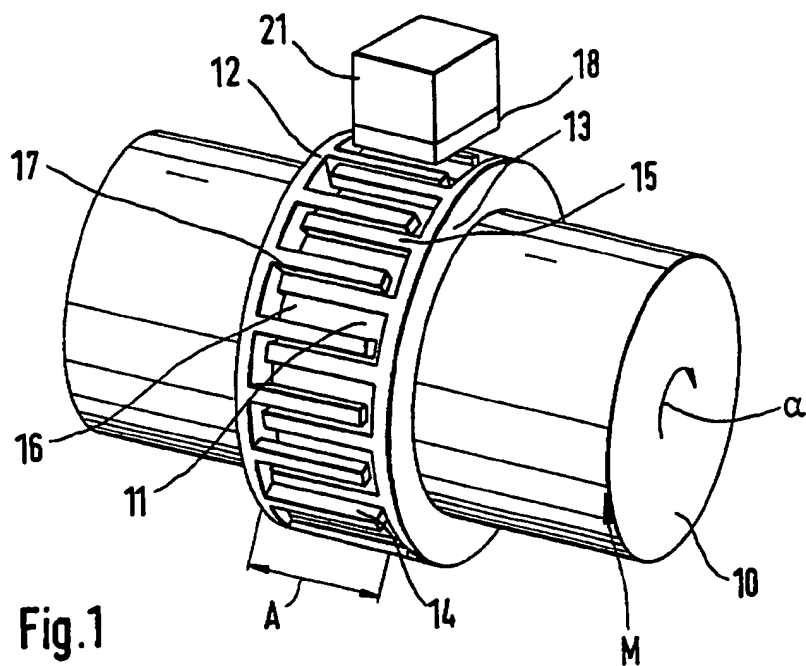
50

55

60

65

- Leerseite -



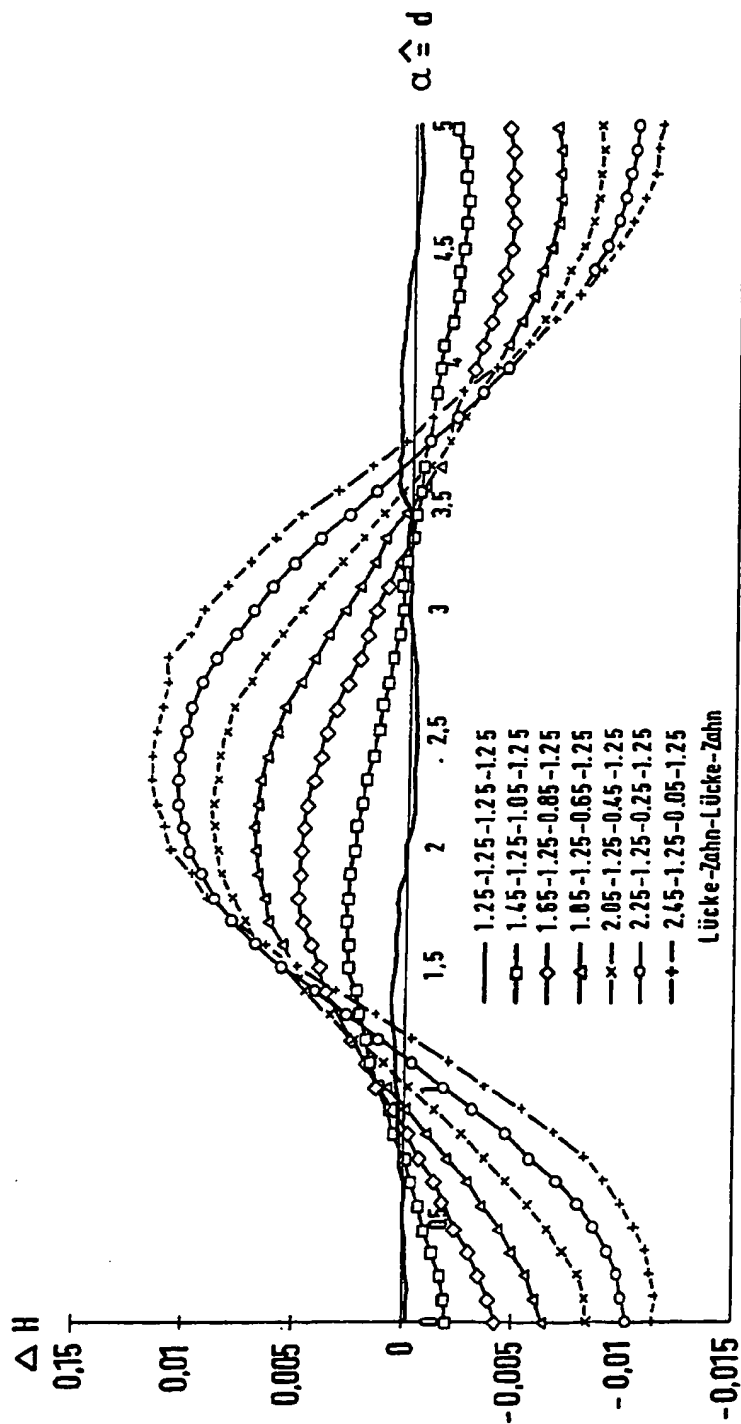


Fig.3



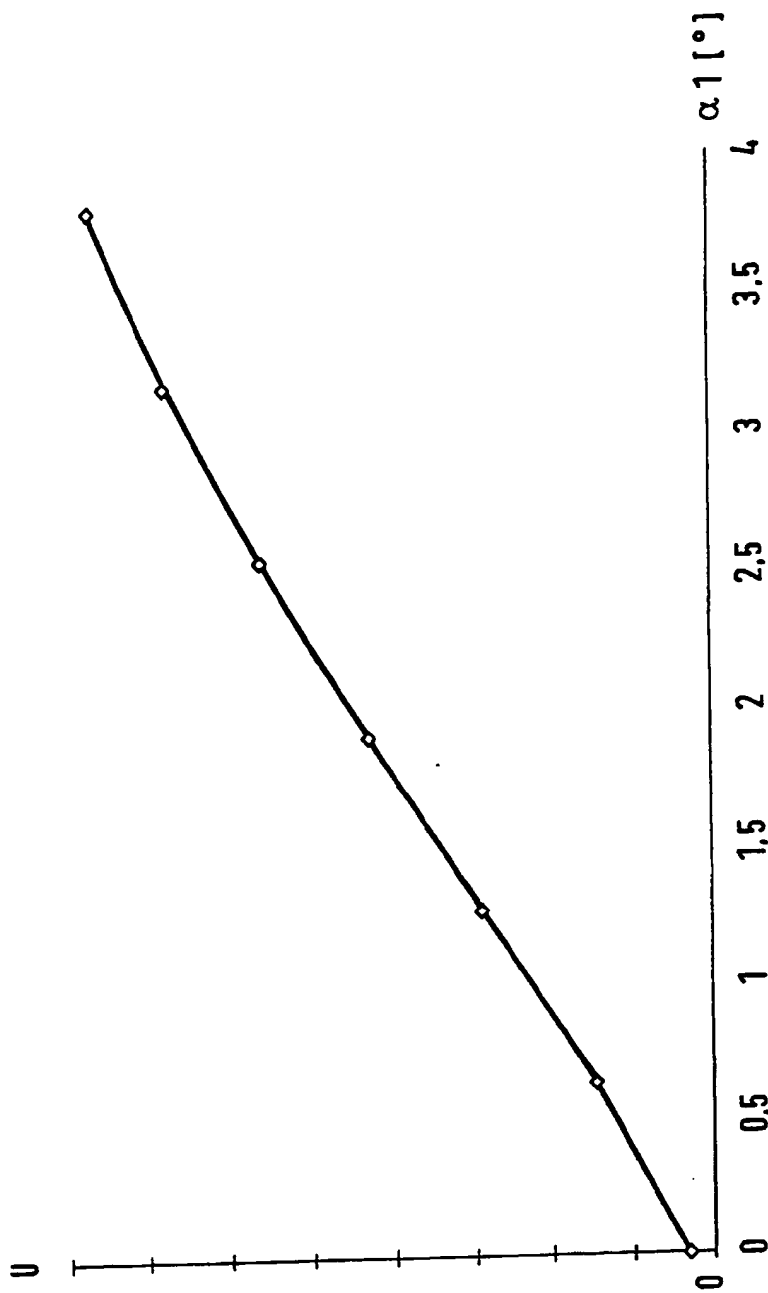


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**